

TELEFONIA ÓPTICA BIDIRECIONAL

E. H. Ferreira, J. B. Rosolem e S. Celaschi
CPqD/Telebrás, C.P. 1579 - 13.085 Campinas SP

RESUMO

O sistema de telefonia óptica bidirecional consiste de dois terminais telefônicos interligados via conversores eletroópticos - lasers de GaAs e fototransistores, através de uma única fibra óptica multimodo. A transmissão bidirecional simultânea é possível devido a utilização de acopladores ópticos no enlace. Neste artigo os componentes do sistema são apresentados e suas funções analisadas em detalhe.

SUMMARY

FERREIRA, E.H., ROSOLEM J.B., CELASCHI S., Bidirectional Optical Telephony, Ciência e Natura, 14: 29-33, 1992.

A system of bidirectional optical telephony is made of two telephonic terminals interconnected by eletro-optical conversion - GaAs lasers and phototransistors, through a simple multimode optical fiber. The simultaneous bidirectional transmission is possible with the utilization of optical coupling. In this paper the components of this system are presented and their functions analysed in detail.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia de fibras ópticas tem crescido de forma acelerada nas últimas décadas devido às excelentes características de desempenho oferecidas por estes guias particularmente quando usadas em telecomunicações. Além das baixas perdas de atenuação proporcionadas, as fibras ainda oferecem uma alta largura de banda, imunidade a interferência eletromagnética além do baixo peso e volume.

Existem diversas maneiras para utilizar a fibra como meio de comunicação, sendo que a maneira mais conhecida é a unidirecional, ou seja transmitir o sinal óptico em apenas uma direção. Com o desenvolvimento dos acopladores ópticos tornou-se possível a comunicação bidirecional simultânea através de uma única fibra. As vantagens do uso de comunicação bidirecional em telefonia está na diminuição do custo do cabo óptico, diminuindo portanto o custo final de implantação dos enlaces ópticos telefônicos. No entanto a técnica de comunicação óptica bidirecional pode ser usada em outras tantas aplicações onde podemos citar: ligação remota de câmeras de TV, sensores em sistemas de perfuração, sistemas elétricos, redes de computadores, etc...

No texto que segue descrevemos um sistema de comunicação óptica bidirecional didático que possibilita a interligação de dois telefones comuns servindo portanto como demonstração do uso desta técnica.

2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O sistema de telefonia óptica bidirecional foi desenvolvido para demonstração didática do princípio de funcionamento dos acopladores ópticos quando usados em transmissão bidirecional e se encontra em funcionamento atualmente no show-room do CPqD-Telebrás em Campinas-SP.

Basicamente todo o sistema consiste de: dois terminais telefônicos adaptados para uso neste sistema, dois conversores

eletroópticos, dois acopladores ópticos multimodo do tipo fusão em estrutura bicônica e um enlace de fibra óptica multimodo 50/125 microns, conforme ilustra Fig.1.

Nos terminais telefônicos usados na montagem foram feitas alterações de forma a adequá-los aos conversores eletroópticos.

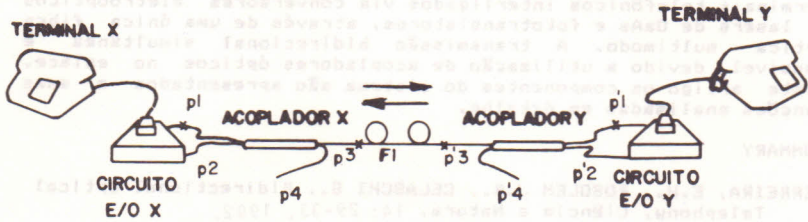


Fig.1 Configuração do sistema de telefonia óptica bidirecional.

Desta forma foram retiradas as placas de circuito relativa ao teclado, campainha, etc... sendo aproveitados somente o monofone e a caixa de proteção. Ainda dentro da caixa é alojado um suporte para três pilhas de 1,5 volts, tamanho D destinado a alimentação do circuito de conversão eletroóptico. Utilizamos o cabo de ligação do telefone a tomada padrão para ligação deste com o conversor eletroóptico, externo ao telefone.

O circuito eletroóptico consiste de duas partes a saber: a parte transmissão composta do circuito de conversão do sinal de áudio provinda do monofone em sinal óptico enviado a fibra, e a parte de recepção composta do circuito de conversão do sinal óptico provinda da fibra em sinal de áudio para o monofone. Na primeira parte o sinal de áudio do microfone é levado a base de um transistor ligado como seguidor de emissor. Este transistor tem como função polarizar um diodo laser ligado no emissor além de modular o sinal de áudio em cima desta polarização. O diodo laser transforma o sinal elétrico em sinal óptico e o envia a uma fibra já acoplada as faces do laser. O laser semiconductor utilizado é de GaAs (Arseneto de Gálio) sendo próprio para operação em 0.83 microns. Estes dispositivos são fabricados pela deposição de diversas camadas com diferentes composições e dopagens. Entre estas camadas esta a região ativa do laser onde são gerados os fótons que são partículas fundamentais da luz. O feixe de luz emitido por esta estrutura é intenso e coerente sendo acoplado a fibra através de uma microlente feita na própria fibra óptica. A Fig.2 ilustra o circuito de transmissão descrito atrás.

O circuito de recepção é composto basicamente de um fototransistor, de um circuito de amplificação e do fone. O fototransistor usado foi retirado do encapsulamento de uma chave optoeletrônica Politrionic. Sendo que o acoplamento deste com a fibra foi feita através do uso de uma agulha hipodérmica. Elétricamente o fototransistor foi ligado na configuração emissor comum, com ganho de tensão superior a 15 vezes e largura de banda maior que 3 kHz, o que é suficiente para aplicação em telefonia. O circuito de amplificação também em emissor comum proporcionou ganho maior que 15 vezes, sendo o nível de saída no fone da ordem de 1,5 volts pp, o que é suficiente para a conversação dos dois terminais. A Fig.3 mostra o circuito de recepção.

Ambos os circuitos de conversão E/O foram montados em uma única placa de circuito impresso universal sendo esta placa alojada dentro de uma caixa de alumínio anodizado. A caixa também abriga o acoplador óptico de forma a torná-lo visível, como ilustra a foto da Fig.4. A seguir mostramos o princípio de funcionamento do telefone óptico bidirecional.

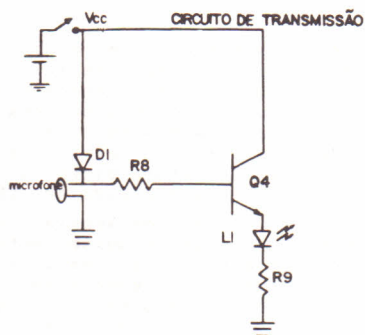


Fig.2 Circuito de transmissão do conversor E/O.

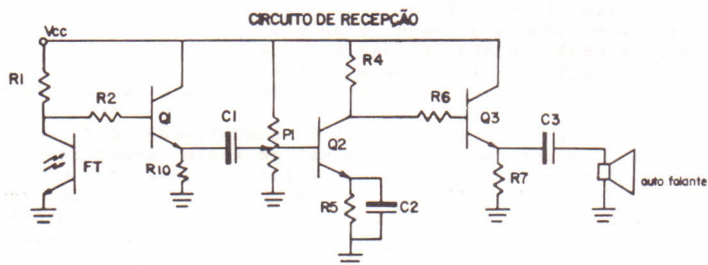


Fig.3 Circuito de recepção do conversor E/O.

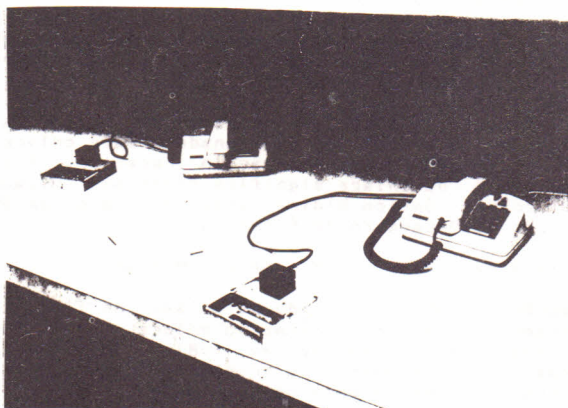


Fig.4 Foto ilustrando o telefone e a caixa de alumínio de alojamento de conversor E/O e do acoplador óptico.

3. FUNCIONAMENTO

Como já comentado anteriormente a comunicação óptica bidirecional simultânea só pode ser realizada com o uso de acopladores ópticos. Entre as diversas tecnologias de fabricação de acopladores, uma das que melhor proporciona baixa perda de inserção e alta isolação óptica é a técnica de fabricação por fusão e puxamento de duas fibras paralelas, técnica esta conhecida como FEB (Fusão em Estrutura Bicônica). Esta técnica já é de domínio nacional e foi desenvolvida no CPQD-Telebrás. No momento o único fabricante nacional de acopladores do tipo FEB é a ABC-Xtal, no entanto a produção é quase artesanal devido a pouca saída do acoplador no mercado nacional. Esta situação deve-se reverter nos próximos anos quando espera-se a chegada da fibra óptica à casa do usuário. Neste caso haverá o uso de acopladores ópticos em grande quantidade. No mercado internacional o preço de um acoplador FEB é menor que 100 dólares.

Um acoplador óptico 2x2 como o usado neste exemplo possui duas portas de entrada e duas de saída, conhecidas como P1, P2, P3 e P4 e ilustradas na Fig.1. A partir destas quatro portas pode-se definir os parâmetros do acoplador. A razão entre as potências ópticas da forma: $P_4/(P_3+P_4)$ define a razão de potência acoplada no braço P4 do acoplador, quando uma potência óptica é lançada no braço P1. A razão de acoplamento R pode variar de 0 a 100 % para acopladores monomodo e de 0 a 50 % para acopladores multimodo. A razão $(P_3+P_4)/P_1$ define a perda de inserção Pa do acoplador e a razão P_2/P_1 define a refletividade do dispositivo, ou seja quando de luz retorna a entrada devido a diversos efeitos ópticos na fibra.

Observando o esquema da Fig.1 a comunicação bidirecional funciona da seguinte maneira: O sinal de áudio proveniente do terminal X, é transformado em sinal óptico no laser do circuito E/O X. Este sinal óptico é acoplado a fibra óptica do braço P1 do acoplador óptico X. Na saída do acoplador parte da luz é acoplada ao braço P4 sendo perdida e a parte não acoplada do braço P3 segue pelo enlace de fibras FI até alcançar o braço P3 do acoplador Y. Na saída deste acoplador temos o acoplamento da potência óptica parte no laser do circuito E/O Y, sendo esta potência perdida, e parte no fotodetector, seguindo posteriormente para o amplificador e finalmente para o Fone. O sentido de transmissão inverso, ou seja de conversor E/O Y para o E/O X é análogo ao já descrito. Deve-se enfatizar que a melhor razão de acoplamento, ou seja a que otimiza as perdas de acoplamento na linha é a de 50 % devido ao fato de que o acoplador é um dispositivo do tipo recíproco em relação ao sentido de transmissão da luz.

Neste momento é interessante perguntar qual é a máxima quantidade de fibra que pode ser adicionado a este enlace sem que se perda a qualidade no sinal de áudio recebido. Achar o máximo comprimento do enlace significa fazer seu Orçamento de Potência. O enlace óptico bidirecional da Fig.1 apresenta a seguinte equação de Orçamento de Potência:

$$P_o - n.P_e - 2.P_a - 2.R - A_f.L - M = S_o$$

Onde: P_o = potência óptica acoplada pelo laser na fibra (dBm)

n = número de emendas ópticas no enlace

P_e = perdas nas emendas ópticas (dB)

R = razão de acoplamento do acoplador (dB)

P_a = perda intrínseca do acoplador (dB)

A_f = atenuação da fibra (dB/Km)

L = comprimento do enlace (Km)

M = margem de potência do enlace (dB)

S_o = mínima potência de sinal detetável (dBm)

No nosso enlace os valores acima foram os seguintes:

$P_o = 1 \text{ mW}$ ou 0 dBm (corrente de polarização = 100 mA)
 $n = 4$
 $P_e = 1.0 \text{ dB}$
 $R = 50 \%$ ou 3 dB , para cada acoplador
 $P_a = 0.75 \text{ dB}$, para cada acoplador
 $A_f = 2.8 \text{ dB/Km}$ em 0.85 microns
 $L = 0.02 \text{ Km}$ ou 20 metros
 $M = 13 \text{ dB}$
 $S_o = -24.5 \text{ dBm}$

O valor de S_o foi avaliado experimentalmente atenuando-se o sinal óptico e avaliando-se a qualidade do som no Fone. Observando o valor da margem de potência do sistema nota-se uma sobra de 13 dB de potência. Esta sobra dividida pela atenuação da fibra, dá o valor do máximo comprimento de fibra que ainda podemos adicionar ao enlace sem perda na qualidade do som, ou seja da ordem de 4.5 Km .

Antes de concluir este artigo indicamos a seguir a lista de componentes usados incluindo a parte óptica e os fabricantes nacionais.

- Laser de GaAs, fabricante nacional ASGA (Paulínea-SP)
- Acoplador óptico e Fibras, fabricante nacional ABC-Xtal (Campinas-SP)

Demais componentes:

Semicondutores:

- Transistores: Q1, Q2, Q3, Q4 - BC 337
- Fototransistor: FT CNY 36, Politronic
- Diodo: D1 1N4001

Resistores

- R1, R4: 15 K
- R2, R3, R6: 3.3 K
- R5: 1 K
- R7: 100 R
- R8: 820 R
- R9: 8.2 R
- R10: 33 K

P1: variável de 50 K

Capacitores

- C1, C2, C3, C4: 100 uF , 16 V

Pilhas

1.5 Volts , alcalinas, tamanho D

4. CONCLUSÃO

Apresentamos neste artigo uma demonstração didática do sistema de transmissão bidirecional simultânea por uma única fibra óptica. Sistemas como este serão muito empregados em telefonia, redes de computadores, redes ópticas metropolitanas, sistemas ópticos de sensoriamento, etc... Para os iniciantes na área de comunicações ópticas deve-se mencionar que os componentes ópticos utilizados tais como o laser e o acoplador tem preço relativamente alto no mercado nacional, no entanto esta situação deve-se reverter nos próximos anos, propiciando aos profissionais da área maior facilidade nos projetos de comunicações ópticas.

